

钢管混凝土结构设计 与 施工 规 程

CECS 28:90

主编单位：哈尔滨建筑工程学院
中国建筑科学研究院
批准单位：中国工程建设标准化协会
批准日期：1990年 11 月 6 日

钢管混凝土是一种具有承载力高、塑性和韧性好、节省材料、方便施工等特点的新型组合结构材料，已在工业和民用建筑等工程中应用多年，取得了较好的技术经济效益。为了在钢管混凝土结构设计及施工中，更好地贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，原城乡建设环境保护部于1986年以城科字第263号文委托哈尔滨建筑工程学院和中国建筑科学研究院会同有关单位进行本规程的编制工作。经过向全国有关设计、科研、施工和高等院校等80个单位广泛征求意见，反复讨论、修改及试设计，最后由建筑工程标准研究中心组织审查定稿。

现批准《钢管混凝土结构设计 with 施工 规程》，编号为 CECS 28:90，并推荐给工程建设有关单位在设计和施工时使用。在使用过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和资料寄北京安外小黄庄中国建筑科学研究院（邮政编码，100013）。

中国工程建设标准化协会
1990年11月 6 日

目次

第一章 总则	11-4	第三节 钢管柱吊装	11-24
第二章 材料	11-5	第四节 管内混凝土浇灌	11-25
第一节 钢管	11-5	附录一 柱的计算长度系数	11-26
第二节 混凝土	11-5	附录二 本规程用词说明	11-33
第三章 基本设计规定	11-6	附加说明	11-33
第一节 一般规定	11-6	条文说明	11-34
第二节 承载力极限状态计算规定	11-6		
第三节 正常使用极限状态的变形验算规定	11-7		
第四章 承载力计算	11-8		
第一节 单肢柱承载力计算	11-8		
第二节 格构柱承载力计算	11-10		
第三节 局部受压计算	11-14		
第五章 变形计算	11-16		
第六章 节点构造	11-16		
第一节 一般规定	11-16		
第二节 框架节点	11-17		
第三节 格构柱节点	11-19		
第四节 桁架节点	11-20		
第五节 柱脚	11-22		
第七章 施工及质量要求	11-22		
第一节 钢管制作	11-22		
第二节 钢管拼装组装	11-23		

主要符号

A_s ——钢管横截面积;
 A_c ——钢管内的混凝土横截面积;
 A_{cor} ——螺旋箍筋内的核心混凝土横截面积;
 A_l ——局部受压面积;
 A_{sp} ——螺旋箍筋的横截面积;
 a_c ——格构柱压肢重心至压肢重心轴的距离;
 a_l ——格构柱拉肢重心至压肢重心轴的距离;
 d ——钢管外径;
 d_{sp} ——螺旋圈的直径;
 E_s ——钢材弹性模量;
 E_c ——混凝土弹性模量;
 e_0 ——柱较大弯矩端的轴向压力对柱截面重心轴或压肢重心轴的偏心距;
 f_s ——钢材抗拉、抗压强度设计值;
 f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;
 f_{sp} ——螺旋箍筋的抗拉强度设计值;
 H ——悬臂柱的长度;阶形柱的长度;
 H^* ——格构式悬臂柱的长度;
 h ——格构柱在弯矩作用平面内的柱肢之间的距离;
 I_s ——钢管横截面积对其重心轴的惯性矩;
 I_c ——钢管内的混凝土横截面积对其重心轴的惯性矩;
 l ——钢管混凝土柱或构件的长度;
 l_e ——钢管混凝土柱或构件的等效计算长度;
 l_0 ——钢管混凝土柱或构件的计算长度;

l^* ——钢管混凝土格构柱的长度;
 l_e^* ——钢管混凝土格构柱的等效计算长度;
 l_0^* ——钢管混凝土格构柱的计算长度;
 M ——弯矩设计值;
 M_1 ——柱两端弯矩设计值之较小者;
 M_2 ——柱两端弯矩设计值之较大者;
 M_c ——构件的受弯极限承载力设计值;
 N ——轴向力设计值;
 N_c ——钢管混凝土轴心受压短柱的极限承载力设计值;
 N_c^* ——构件的轴向受压极限承载力设计值;
 N_c^0 ——格构柱在弯矩单独作用下的受压区各肢短柱轴心受压极限承载力设计值的总和;
 N_c^1 ——格构柱在弯矩单独作用下的受拉区各肢短柱轴心受压极限承载力设计值的总和;
 N_c^2 ——格构柱整体的轴心受压短柱极限承载力设计值;
 N_c^3 ——格构柱整体的轴向受压极限承载力设计值;
 N_{ci} ——钢管混凝土局部受压的极限承载力设计值;
 r_c ——钢管的内半径;
 s ——螺旋圈的间距;
 t ——钢管的壁厚;
 V ——剪力的设计值;
 β ——柱两端弯矩设计值之较小者与较大者的比值;钢管混凝土的局部受压强度提高系数;
 β_{sp} ——螺旋箍混凝土的局部受压强度提高系数;
 γ_0 ——结构重要性系数;
 ϵ_0 ——界限偏心率;
 θ ——钢管混凝土的套箍指标;
 θ_1 ——格构柱拉区柱肢的套箍指标;
 θ_{sp} ——螺旋箍混凝土的套箍指标;

第一章 总 则

第1.0.1条 为了在钢管混凝土结构设计及施工中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,特制订本规程。

第1.0.2条 本规程适用于工业与民用建筑及构筑物的钢管混凝土结构设计及施工。本规程所指的钢管混凝土是指在圆形钢管内填灌混凝土的钢管混凝土结构。

第1.0.3条 本规程是根据国家标准《建筑结构设计统一标准》(GBJ68-84)规定的原则进行制订的。符号、计量单位和基本术语按照国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ83-85)的规定采用。

第1.0.4条 按本规程设计和施工时,除本规程有明确规定外,荷载应按国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ9-87)的规定执行;设计尚应符合国家标准《钢结构设计规范》(GBJ17-88)、《混凝土结构设计规范》(GBJ10-89)和《建筑抗震设计规范》(GBJ11-89)的要求;材料和施工的质量尚应符合国家标准《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ205-83)和《混凝土结构工程施工及验收规范》(GBJ204-83)的要求。

第1.0.5条 钢管混凝土结构表面的温度不宜超过100℃;当超过100℃时,应采取有效的防护措施。

第1.0.6条 对有防火和防腐蚀要求的结构,应按有关的专门规定,作防火和防腐蚀处理。

k ——柱的等效长度系数;

λ ——长细比;

λ^* ——格构柱的长细比;

μ ——柱的计算长度系数;

$\rho_{w,0}$ ——螺旋箍筋的体积配筋率。

第二章 材料

第一节 钢管

第2.1.1条 管材的选用, 应符合《钢结构设计规范》(GBJ 17-88)的有关规定。

第2.1.2条 钢管可采用直缝焊接管、螺旋形缝焊接管和无缝钢管。焊接必须采用对接焊缝, 并达到与母材等强的要求。

第2.1.3条 钢材的弹性模量和强度设计值, 应按表2.1.3采用。

表2.1.3 钢材的弹性模量和强度设计值

钢号	钢材厚度 t (mm)	抗拉、抗压强度设计值 f_d (N/mm ²)	弹性模量 E (N/mm ²)
Q 235 钢	<20 21~40 41~60	215 200 190	206×10^3
16Mn 钢	<8 17~25 26~30	315 300 280	206×10^3
16MnV 钢	<16 17~25 26~30	350 335 320	206×10^3

注: 3号镇静钢的强度设计值应按表中数值提高5%。

第二节 混凝土

第2.2.1条 混凝土采用普通混凝土, 其强度等级不宜低于

C30。

混凝土强度等级系指以150mm的立方体试件, 在28d龄期, 用标准试验方法测得的具有95%保证率的抗压强度值(以N/mm²计)。

第2.2.2条 混凝土的弹性模量和强度设计值应按表2.2.2采用。

表2.2.2 混凝土弹性模量和强度设计值

混凝土强度等级	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
抗压强度 f_c (N/mm ²)	15	17.5	19.5	21.5	23.5	25	26.5
抗拉强度 f_t (N/mm ²)	1.5	1.65	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
弹性模量 E_c (N/mm ²)	3×10^4	3.15×10^4	3.25×10^4	3.35×10^4	3.45×10^4	3.55×10^4	3.6×10^4

第三章 基本设计规定

第一节 一般规定

第3.1.1条 本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,用分项系数的设计表达式进行计算。

第3.1.2条 结构的极限状态系指结构或构件能满足设计规定的某一功能要求的临界状态;超过这一状态,结构或构件便不能再满足设计要求。

极限状态可分为下列两类:

一、承载能力极限状态:这种极限状态对应于结构或构件达到最大承载力或达到不适于继续承载的变形。

二、正常使用极限状态:这种极限状态对应于结构或构件达到正常使用的某项规定限值。

第3.1.3条 结构或构件应根据承载能力极限状态和正常使用极限状态,分别按下列规定进行计算和验算,

一、承载力:所有结构或构件均应进行承载力计算,计算时采用荷载设计值,对动力荷载尚应乘动力系数。

二、变形:对使用上需控制变形值的结构或构件,应进行变形验算,验算时采用相应的荷载代表值,对动力荷载不应乘动力系数。

第3.1.4条 钢管混凝土结构或构件之间的连接,以及施工安装阶段(混凝土浇灌前和混凝土硬结前)的承载力、变形和稳定性,应按钢结构进行设计。

第3.1.5条 钢管混凝土构件宜满足下列要求:

一、钢管外径不宜小于100mm;壁厚不宜小于4mm;

二、钢管外径与壁厚之比值 d/t ,宜限制在20到 $85\sqrt{235/f_t}$ 之间,此处 f_t 为钢材屈服强度(或屈服点):对3号钢,取 $f_t=235\text{N/mm}^2$;对16Mn钢,取 $f_t=345\text{N/mm}^2$;对15MnV钢,取 $f_t=390\text{N/mm}^2$;对于一般承重柱,可取 $d/t=70$ 左右;对于桁架结构,可取 $d/t=25$ 左右。

三、套箍指标 θ 宜限制在0.3到3之间。

四、长细比不宜超过表3.1.5的限值。

表3.1.5 构件的容许长细比

项次	构件名称	容许长细比	
		l/d	λ
1	框架	单立柱	20
		格构柱	80
2	桁架		30
3	其他		35
			140

第二节 承载能力极限状态计算规定

第3.2.1条 根据建筑结构破坏后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重程度,建筑结构应按表3.2.1

表3.2.1 建筑结构的等级

安全等级	破坏后果	建筑物类别
一级	很严重	重要的建筑物
二级	严重	一般的建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

注:对有特殊要求的建筑物,其安全等级可根据具体情况另行确定。

划分为三个安全等级。设计时根据具体情况，选用适当的安全等级。

第3.2.2条 建筑物中各类结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同。对其中部分结构构件的安全等级可进行调整，但不得低于三级。

第3.2.3条 结构构件的承载力设计应采用下列极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.2.3-1)$$

$$R = R(f_s, f_c, a_s, \dots) \quad (3.2.3-2)$$

式中 γ_0 ——结构构件的重要性系数，对安全等级为一、二、三级的结构构件，可分别取1.1，1.0，0.9；在抗震设计中，不考虑结构构件的重要性系数；

S ——内力组合设计值，按国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ9-87)和《建筑抗震设计规范》(GBJ11-89)的规定进行计算；

R ——结构构件的承载力设计值；

$R(\cdot)$ ——结构构件的承载力函数；

f_s, f_c ——混凝土、钢材的强度设计值；

a_s ——几何参数的标准值。

注：本规范的内力设计值(N, M, V 等)为已乘重要性系数 γ 以后的值。

第三节 正常使用极限状态的变形验算规定

第3.3.1条 对正常使用极限状态，结构构件应分别按荷载的短期效应组合和长期效应组合进行验算，并应保证变形不超过相应的规定限值。

荷载的短期效应组合和长期效应组合应按国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ9-87)和《建筑抗震设计规范》(GBJ11-89)的规定进行计算。

第3.3.2条 钢管混凝土结构在正常使用极限状态下的变形限值应符合国家标准《钢结构设计规范》(GBJ7-88)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11-89)及其他有关规范的规定。

第四章 承载力计算

第一节 单肢柱承载力计算

第4.1.1条 钢管混凝土单肢柱的轴向受压承载力应满足下列要求,

$$N \leq N_0 \quad (4.1.1)$$

式中 N ——轴向压力设计值,

N_0 ——钢管混凝土单肢柱的承载力设计值。

第4.1.2条 钢管混凝土单肢柱的承载力应按下列公式计算,

$$N_0 = f_c A_c (1 + \sqrt{\theta} + \theta) \quad (4.1.2-1)$$

$$N_0 = f_c A_c (1 + \sqrt{\theta} + \theta) \quad (4.1.2-2)$$

$$\theta = f_c A_c / f_y A_s \quad (4.1.2-3)$$

式中 N_0 ——钢管混凝土轴心受压短柱的承载力设计值,

θ ——钢管混凝土的套箍指标,

f_c ——混凝土的抗压强度设计值,

A_c ——钢管内混凝土的横截面积,

f_y ——钢管的抗拉、抗压强度设计值,

A_s ——钢管的横截面积,

φ ——考虑长细比影响的承载力折减系数,按本章第

4.1.4条确定,

φ_0 ——考虑偏心率影响的承载力折减系数,按本章第

4.1.3条确定。

在任何情况下均应满足下列条件:

$$\varphi, \varphi_0 \leq \varphi_0 \quad (4.1.2-4)$$

式中 φ_0 ——按轴心受压柱考虑的 φ_0 值。

第4.1.3条 钢管混凝土柱考虑偏心影响的承载力折减系数 φ_0 ,应按下列公式计算,

一、当 $e_0/r_0 \leq 1.55$ 时:

$$\varphi_0 = 1 / (1 + 1.85e_0/r_0) \quad (4.1.3-1)$$

$$e'_0 = M_2/N \quad (4.1.3-2)$$

二、当 $e_0/r_0 > 1.55$ 时:

$$\varphi_0 = 0.4 / (e_0/r_0) \quad (4.1.3-3)$$

式中 e_0 ——柱较大弯矩端的轴向压力对构件截面重心的偏心距,

r_0 ——钢管的内半径,

M_2 ——柱两端弯矩设计值之较大者,

N ——轴向压力设计值。

第4.1.4条 钢管混凝土柱考虑长细比影响的承载力折减系数 φ_l 应按下列公式计算,

一、当 $l_0/d > 4$ 时:

$$\varphi_l = 1 - 0.115\sqrt{l_0/d - 4} \quad (4.1.4-1)$$

二、当 $l_0/d \leq 4$ 时:

$$\varphi_l = 1 \quad (4.1.4-2)$$

式中 d ——钢管外径,

l_0 ——柱的等效计算长度,按本章第4.1.5条和第4.1.6条的规定确定。

第4.1.5条 对于两支承点之间无横向荷载作用的框架柱和杆件,其等效长度应按下列公式确定:

$$l_0 = k l_0 \quad (4.1.5-1)$$

$$l_0 = \mu l \quad (4.1.5-2)$$

式中 l_0 ——框架柱或杆件的计算长度(图4.1.5),

l ——框架柱或杆件的长度,

k ——等效长度系数,

μ ——计算长度系数,对无侧移框架应按附录一附表1.1

确定, 对有侧移框架, 应附录一附表1.2确定。

等效长度系数应按下列规定计算 (图4.1.5)。

一、轴心受压柱和杆件:

$$k=1 \quad (4.1.5-3)$$

二、无侧移框架柱:

$$k=0.5+0.3\beta+0.2\beta^2 \quad (4.1.5-4)$$

三、有侧移框架柱:

1. 当 $e_0/r_c \geq 0.8$ 时

$$k=0.5 \quad (4.1.5-5)$$

2. 当 $e_0/r_c < 0.8$ 时

$$k=1-0.633e_0/r_c \quad (4.1.5-6)$$

式中 β ——柱两端弯矩设计值之较小者与较大者的比值, $\beta = M_1/M_2$, $|M_1| \leq |M_2|$, 单曲压弯者取正值, 双曲压弯者取负值。

注: 无侧移框架系指框架中设有支撑梁、剪力墙、电井井等支撑结构, 且支撑结构的抗侧移刚度等于或大于框架本身抗侧移刚度的5倍者。有侧移框架系指框架中未设上述支撑结构或支撑结构的抗侧移刚度小于框架本身抗侧移刚度的5倍者。

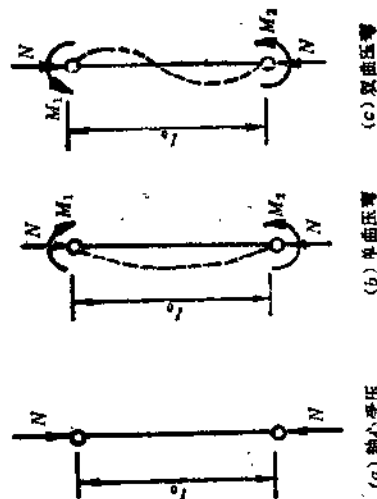


图4.1.5 无侧移框架柱

第4.1.6条 悬臂柱 (图4.1.6) 的等效计算长度应按下列公式确定。

$$l_0 = kH \quad (4.1.6-1)$$

式中 H ——悬臂柱的长度,

k ——等效长度系数。

悬臂柱的等效长度系数应按下列规定计算, 并取其中之较大者。

当嵌固端的偏心率 $e_0/r_c \geq 0.8$ 时,

$$k=1 \quad (4.1.6-2)$$

当嵌固端的偏心率 $e_0/r_c < 0.8$ 时,

$$k=2-1.25e_0/r_c \quad (4.1.6-3)$$

当悬臂柱的自由端有力矩 M_1 作用时,

$$k=1+\beta \quad (4.1.6-4)$$

式中 β ——悬臂柱自由端的力矩设计值 M_1 与嵌固端的弯矩设计值 M_2 之比值, 当 β 为负值 (双曲压弯) 时, 则取反弯点所分割成的高度为 H_2 的子悬臂柱计算 (图4.1.6 (b))。

注: 嵌固端系指相交于柱的横梁的线刚度与柱的线刚度之比不小于4者, 或柱基的长和宽均不小于柱直径的4倍者。

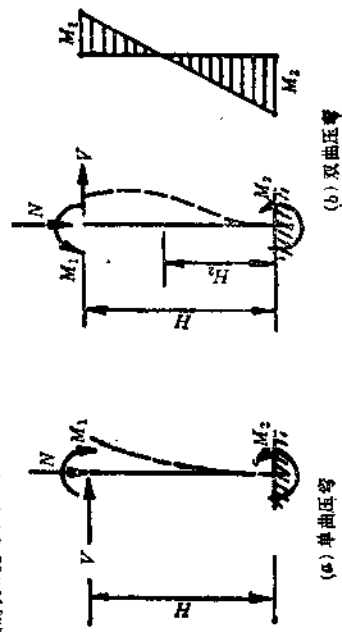


图4.1.6 悬臂柱

剪力中之较大者，剪力 V 值可认为沿格构柱全长不变；

一、实际作用于格构柱上的横向剪力设计值。

二、 $V = N^* \varphi_0 / 85$ (4.2.3)

式中 N^* ——格构柱轴心受压短柱的承载力设计值，按公式 (4.2.5-2) 确定。

第4.2.4条 格构柱的整体承载力应满足下列要求：

$$N \leq N^* \quad (4.2.4)$$

式中 N^* ——格构柱的整体承载力设计值。

第4.2.5条 格构柱的整体承载力设计值应按下列公式计算，

$$N^* = \varphi^* \varphi_0 N_0 \quad (4.2.5-1)$$

$$N_0 = \sum_i N_{0i} \quad (4.2.5-2)$$

式中 N_{0i} ——格构柱各单肢的轴心受压短柱承载力设计值，按公式 (4.1.2-2) 确定；

φ^* ——考虑长细比影响的整体承载力折减系数，按本章

第4.2.8条的公式确定；

φ_0 ——考虑偏心率影响的整体承载力折减系数，按本章第4.2.6条的公式确定。

在任何情况下都应满足下列条件：

$$\varphi^* \varphi_0 \leq \varphi_0 \quad (4.2.5-3)$$

式中 φ_0 ——按轴心受压柱考虑的 φ_0 值。

第4.2.6条 格构柱考虑偏心率影响的整体承载力折减系数 φ^* 应按下列公式计算：

一、对于对称截面的双肢柱和四肢柱，

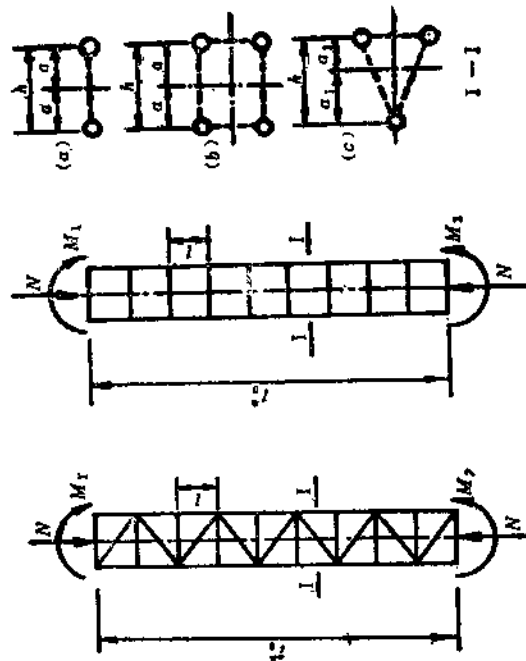
1. 当偏心率 $e_0/h \leq e_s$ 时：

$$\varphi^* = \frac{1}{1 + 2e_0/h} \quad (4.2.6-1)$$

2. 当偏心率 $e_0/h > e_s$ 时：

第二节 格构柱承载力计算

第4.2.1条 由双肢或多肢钢管混凝土柱肢组成的格构柱(图4.2.1)，应分别对单肢承载力和整体承载力两种情况进行计算。



(a) 等截面四肢柱 (b) 等截面四肢柱 (c) 三肢柱
图4.2.1 格构柱

第4.2.2条 格构柱的单肢承载力计算，首先应按桁架确定其单肢的轴向力，然后按压肢和拉肢分别进行承载力计算。压肢的承载力应按本章第一节公式计算，其长度在桁架平面内取格构柱节间长度 l (图4.2.1)，在垂直于桁架平面方向则取侧向支撑点的间距。拉肢的承载力应按钢结构拉杆计算，不考虑混凝土的抗拉强度。

第4.2.3条 格构柱缀件的构造和计算，应符合《钢结构设计规范》(GBJ17-88)的有关规定。格构柱的缀件，应能承受下列

$$\varphi^* = \frac{\theta_1}{(1 + \sqrt{\theta_1 + \theta_2})(2e_0/h - 1)} \quad (4.2.6-2)$$

二、对于三肢柱和不对称截面的多肢柱；

1. 当偏心率 $e_0/h \leq e_1$ 时；

$$\varphi^* = \frac{1}{1 + e_0/a_1}$$

2. 当偏心率 $e_0/h > e_1$ 时；

$$\varphi^* = \frac{\theta_1}{(1 + \sqrt{\theta_1 + \theta_2})(e_0/a_1 - 1)} \quad (4.2.6-4)$$

式中

e_1 ——界限偏心率，按本章第4.2.7条的规定确定；

e_0 ——柱较大弯矩端的轴向压力对格构柱压弯重心轴的偏心距， $e_0 = M_2/N$ ，其中 M_2 为柱两端弯矩中之较大者；

h ——在弯矩作用平面内的柱肢重心之间的距离；

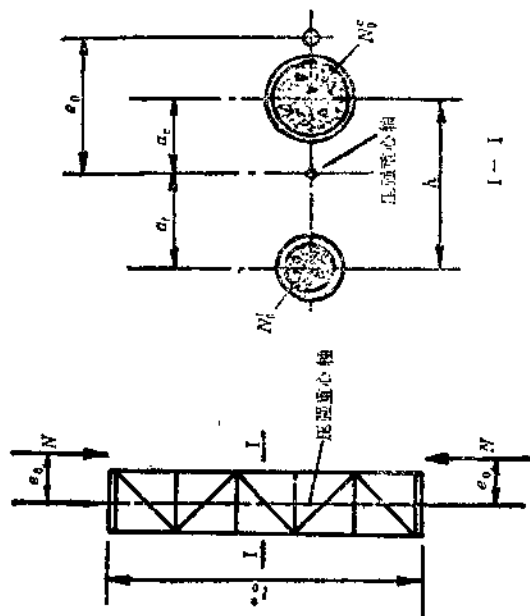


图4.2.6 格构柱计算简图

a_1, a_2 ——弯矩单独作用下的受拉区柱肢的重心、受压区柱肢的重心至格构柱压弯重心轴的距离（图4.2.6）； $a_1 = hN'_0/N^*_0$ ， $a_2 = hN_0/N^*_0$ ，其中 N'_0 为受压区各柱肢短柱轴心受压承载力设计值的总和， $N'_0 = N^*_0 + N^*_0$ ；

N^*_0 为受压区各柱肢短柱轴心受压承载力设计值的总和， $N^*_0 = N^*_0 + N^*_0$ ；

θ_1 ——受拉区柱肢的套箍指标，按公式(4.1.2-3)计算。

第4.2.7条 格构柱的界限偏心率 e_1 应按下列公式计算：

一、对于对称截面的双肢柱和四肢柱；

$$e_1 = 0.5 + \frac{\theta_1}{1 + \sqrt{\theta_1}} \quad (4.2.7-1)$$

二、对于三肢柱和不对称截面的多肢柱；

$$e_1 = \frac{2N'_0}{N^*_0} \left(0.5 + \frac{\theta_1}{1 + \sqrt{\theta_1}} \right) \quad (4.2.7-2)$$

第4.2.8条 格构柱考虑长细比影响的整体承载力折减系数 φ^* 应按下列公式计算；

$$\varphi^* = 1 - 0.0575\sqrt{\lambda^* - 16} \quad (4.2.8-1)$$

当 $\lambda^* \leq 16$ 时，取 $\varphi^* = 1$ 。

格构柱的换算长细比 λ^* 应按下列公式计算；

一、双肢格构柱（图4.2.8a）；

1. 当缀件为缀板时；

$$\lambda^* = \sqrt{\left(l^* / \sqrt{\frac{I_x}{A_0}} \right)^2 + 16 \left(\frac{l}{d} \right)^2} \quad (4.2.8-2)$$

2. 当缀件为缀条时；

$$\lambda^* = \sqrt{\left(l^* / \sqrt{\frac{I_x}{A_0}} \right)^2 + 27 A_0 / A_1} \quad (4.2.8-3)$$

二、四肢格构柱（图4.2.8b）；

1. 当缀件为缀板时；

$$\lambda_x^* = \sqrt{\left(i_x^* / \sqrt{\frac{I_x}{A_0}} \right)^2 + 16 \left(\frac{l}{d} \right)^2} \quad (4.2.8-4)$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\left(i_y^* / \sqrt{\frac{I_y}{A_0}} \right)^2 + 16 \left(\frac{l}{d} \right)^2} \quad (4.2.8-5)$$

2. 当缀件为缀条时,

$$\lambda_x^* = \sqrt{\left(i_x^* / \sqrt{\frac{I_x}{A_0}} \right)^2 + 40 A_0 / A_{1x}} \quad (4.2.8-6)$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\left(i_y^* / \sqrt{\frac{I_y}{A_0}} \right)^2 + 40 A_0 / A_{1y}} \quad (4.2.8-7)$$

三、缀件为缀条的三肢格构柱 (图4.2.8c),

$$\lambda_x^* = \sqrt{\left(i_x^* / \sqrt{\frac{I_x}{A_0}} \right)^2 + \frac{42 A_0}{A_1 (1.5 - \cos^2 \alpha)}} \quad (4.2.8-8)$$

$$\lambda_y^* = \sqrt{\left(i_y^* / \sqrt{\frac{I_y}{A_0}} \right)^2 + \frac{42 A_0}{A_1 \cos^2 \alpha}} \quad (4.2.8-9)$$

式中 i_x^* ——格构柱的等效计算长度,按第4.2.9条、第4.2.10条和第4.2.11条确定,

I_x ——格构柱横截面换算面积对x轴的惯性矩,

I_y ——格构柱横截面换算面积对y轴的惯性矩,

A_0 ——格构柱横截面所截各分肢换算截面面积之和, $A_0 = \sum_{i=1}^n A_{0i} + \frac{E_c}{E_s} \sum_{i=1}^n A_{ci}$, 其中 A_{0i} 、 A_{ci} 分别为第 i 分肢的钢管横截面面积和钢管内混凝土横截面面积,

积,

l ——格构柱节间长度;

d ——钢管外径;

A_{1x} ——格构柱横截面中垂直于x轴的各斜缀条毛截面面积之和,

A_{1y} ——格构柱横截面中垂直于y轴的各斜缀条毛截面面积之和,

α ——构件截面内缀条所在平面与x轴的夹角 (图4.2.8c), 应在 $40^\circ \sim 70^\circ$ 范围内。

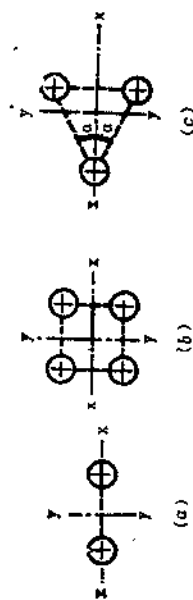


图4.2.8 格构柱截面

第4.2.9条 对于两支承点之间无横向力作用的格构式框架柱和构件,其等效计算长度应按下列公式确定:

$$i_x^* = k l^* \quad (4.2.9-1)$$

$$i_y^* = \mu l^* \quad (4.2.9-2)$$

式中 l^* ——格构柱或构件的计算长度 (图4.2.9),

l^* ——格构柱或构件的长度,

k ——等效长度系数,

μ ——框架柱的计算长度系数,对无侧移框架应按附录

一附表1.1确定,对有侧移框架,应按附录一附表1.2确定。

等效长度系数应按下列规定计算 (图4.2.9),

一、轴心受压柱和杆件,

$$k = 1 \quad (4.2.9-3)$$

二、无侧移框架柱,

$$k = 0.5 + 0.3\beta + 0.2\beta^2 \quad (4.2.9-4)$$

三、有侧移框架柱,

1. 当 $e_0/h \geq 0.5e_0$ 时;

$$k = 0.5$$

2. 当 $e_0/h < 0.5e_0$ 时;

$$k = 1 - (e_0/h) / e_0$$

$$(4.2.9-5)$$

式中 β ——柱两端弯矩设计值之较小者与较大者的比值, $\beta = M_1/M_2$, $|M_1| \leq |M_2|$, 单侧压弯者取正值, 双侧压弯者取负值。

注: 有侧移框架和无侧移框架的区分标准见第4.1.5条的注。

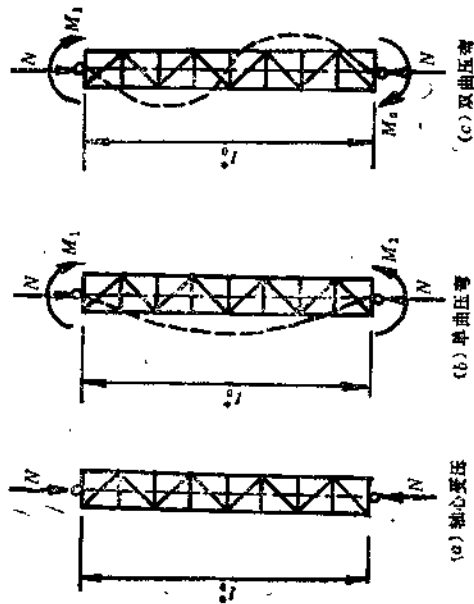


图4.2.9 格式式无侧移框架柱

第4.2.10条 格式式悬臂柱的等效计算长度应按下列公式确定 (图4.2.10):

$$l^* = kH^* \quad (4.2.10-1)$$

式中 H^* ——格式式悬臂柱的长度,
 k ——等效长度系数。

格式式悬臂柱的等效长度系数应按下列规定计算, 并取其中之较大者:

一、当嵌固端的偏心率 $e_0/h \geq 0.5e_0$ 时;

$$k=1$$

当嵌固端的偏心率 $e_0/h < 0.5e_0$ 时;

$$(4.2.10-1)$$

$$k=2-2(e_0/h)/e_s$$

(4.2.10-2)

二、当悬臂柱的自由端有力矩 M_1 作用时,

$$k=1+\beta$$

(4.2.10-3)

式中 β ——悬臂柱自由端的力矩设计值 M_1 与嵌固端的弯矩设计值 M_2 之比值, $\beta = M_1/M_2$, 当 β 为负值 (双曲压弯) 时, 则按反弯点所分割成的高度为 H_2 的子悬臂柱计算 (图4.2.10 (b))。

e_s ——界限偏心率, 按第4.2.7条计算。

注: 嵌固端的定义见第4.1.5条的注。

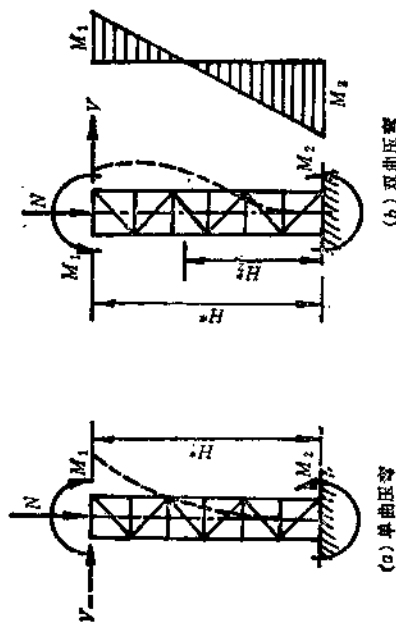


图4.2.10 格式式悬臂柱

第4.2.11条 单层厂房框架下端引性固定的阶形格构柱, 各阶柱段在框架平面内的等效计算长度应按下列公式确定:

$$l^* = \mu_1 H_1 \quad (4.2.11-1)$$

式中 H_1 ——相应各阶柱段的长度,

μ_1 ——相应各阶柱段的计算长度系数。

计算长度系数 μ_1 应按下列规定确定:

一、单阶柱。

2. 上段柱和中段柱的计算长度系数 μ_1 和 μ_2 ，应按下列公式计算：

$$\mu_1 = \mu_2 / \eta_1 \quad (4.2.11-3)$$

$$\mu_2 = \mu_3 / \eta_2 \quad (4.2.11-4)$$

式中 η_1 、 η_2 ——参数，按附录一附表1.5或附表1.6中的公式计算。

第三节 局部受压计算

第4.3.1条 钢管混凝土的局部受压应满足下列条件：

$$N \leq N_{s,l}$$

式中 N ——轴向压力设计值；

$N_{s,l}$ ——钢管混凝土在局部受压下的承载力设计值。

第4.3.2条 钢管混凝土在局部受压下的承载力设计值应按下列公式计算（图4.3.2）：

$$N_{s,l} = f_c A_1 (1 + \sqrt{\theta} + \theta) \beta \quad (4.3.2-1)$$

$$\beta = \sqrt{A_2 / A_1} \quad (4.3.2-2)$$

式中 A_1 ——局部受压面积；

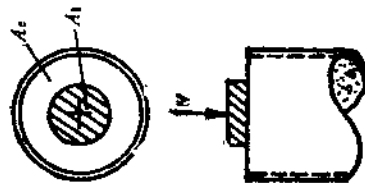


图4.3.2 钢管混凝土局部受压

1. 下段柱的计算长度系数 μ_2 ：当柱上端与横梁铰接时，等于按附录一附表1.3（柱上端为自由的单阶柱）的数值乘以表4.2.11的折减系数；当柱上端与横梁刚接时，等于按附录一附表1.4（柱上端可移动但不转动的单阶柱）的数值乘以表4.2.11的折减系数。

2. 上柱段的计算长度系数 μ_1 ，应按下式计算：

$$\mu_1 = \mu_2 / \eta_1 \quad (4.2.11-2)$$

式中 η_1 ——参数，按附录一附表1.3或附表1.4中的公式计算。

二、双阶柱。

1. 下段柱的计算长度系数 μ_3 ：当柱上端与横梁铰接时，等于按附录一附表1.5（柱上端为自由的双阶柱）的数值乘以表4.2.11的折减系数；当柱上端与横梁刚接时，等于按附录一附表1.6（柱上端可移动但不转动的双阶柱）的数值乘以表4.2.11的折减系数。

单层厂房阶形柱计算长度的折减系数 表4.2.11

单跨或多跨	厂 房 类 型	折 减 系 数
单 跨	纵向温度区段内一个柱列的柱子	—
	屋 面 情 况	—
	非大型屋面板	—
	大型屋面板	—
多 跨	多于或少于6个	—
	—	—
	—	—
	—	—

注：有横梁的露天结构（如落檐车间等），其折减系数可乘0.9。

β ——钢管混凝土的局部受压强度提高系数，当 β 值大于

3时，取等于3，

θ ——钢管混凝土的套箍指标，按公式(4.1.2-3)计算确定，

A_c ——钢管内混凝土的横截面积，

f_c ——混凝土的抗压强度。

第4.3.3条 配有螺旋箍筋加强的钢管混凝土在局部受压下的承载力设计值应按下列公式计算(图4.3.3)：

$$N_{s,1} = f_s A_s \left[(1 + \sqrt{\theta} + \theta) \beta + (\sqrt{\theta_{s,1}} + \theta_{s,1}) \beta_{s,1} \right] \quad (4.3.3-1)$$

$$\beta_{s,1} = \sqrt{A_{c,1} / A_1} \quad (4.3.3-2)$$

$$\theta_{s,1} = \rho_{s,1} f_{s,1} / f_c \quad (4.3.3-3)$$

$$\rho_{s,1} = \frac{A_{s,1}}{s d_{s,1}} \quad (4.3.3-4)$$

式中 $\beta_{s,1}$ ——螺旋筋套箍混凝土的局部受压强度提高系数，

$\theta_{s,1}$ ——螺旋筋套箍混凝土的套箍指标，

$A_{c,1}$ ——螺旋筋套箍内的核心混凝土横截面积，

$f_{s,1}$ ——螺旋筋的抗拉强度设计值，按《混凝土结构设计规范》(GBJ10-89)取值，

$\rho_{s,1}$ ——螺旋筋的体积配筋率，

A_1 ——螺旋箍筋的横截面积，

$d_{s,1}$ ——螺旋圈的直径，

s ——螺旋圈间距。

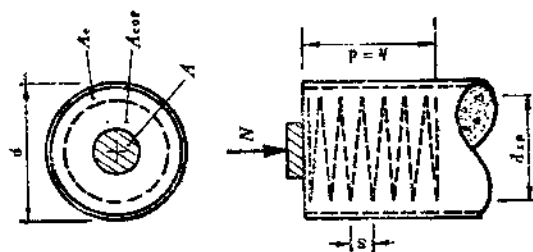


图4.3.3 配有螺旋箍筋的钢管混凝土局部受压

第五章 变形计算

第5.0.1条 钢管混凝土结构的变形,可按一般结构力学的方法进行计算。

第5.0.2条 钢管混凝土构件在正常使用极限状态下的刚度可按下列规定取值。

一、压缩和拉伸刚度;

$$EA = E_s A_s + E_c A_c \quad (5.0.2-1)$$

二、弯曲刚度;

$$EI = E_s I_s + E_c I_c \quad (5.0.2-2)$$

式中 A_s 、 I_s ——钢管横截面的面积和对其重心轴的惯性矩;

A_c 、 I_c ——钢管内混凝土横截面的面积和对其重心轴的惯性矩;

E_s 、 E_c ——钢材和混凝土的弹性模量。

第六章 节点构造

第一节 一般规定

第6.1.1条 节点构造应做到构造简单、整体性好、传力明确、安全可靠、节约材料和施工方便。

第6.1.2条 焊接管必须采用坡口焊,并满足Ⅱ级质量检验标准,达到焊缝与母材等强度的要求。

第6.1.3条 钢管接长时,如管径不变,宜采用等强度的坡口焊缝[图6.1.3(a)];如管径改变,可采用法兰盘和螺栓连接[图6.1.3(b)],同样应满足等强度要求。法兰盘用一带孔板,使管内混凝土保持连续。

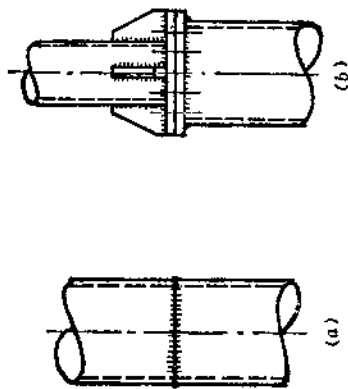


图6.1.3 钢管接长

第6.1.4条 钢管在现场接长时,尚应加焊必要的定位零件,确保几何尺寸符合设计要求。

第二节 框架节点

第6.2.1条 根据构造和运输要求, 框架柱长度宜按12m或三个楼层分段。分段接头位置宜接近反弯点位置, 且不宜出楼面1m以上, 以利现场施焊。

第6.2.2条 为增强钢管与核心混凝土共同受力, 每段柱子的接头处, 在下段柱端宜设置一块环形封顶板 (图6.2.2)。封顶板厚度, 当钢管厚度 $t \leq 30\text{mm}$, 取 12mm ; $t > 30\text{mm}$, 取 16mm 。

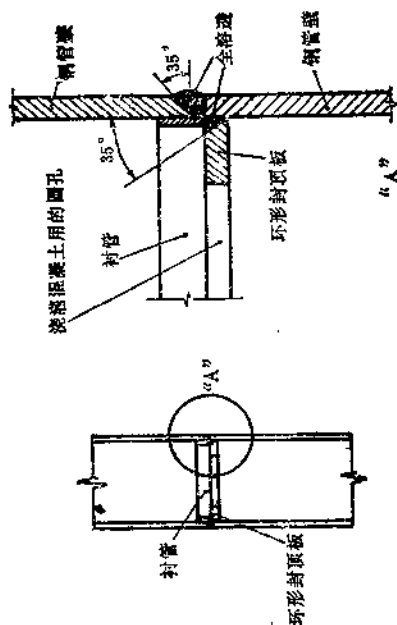


图6.2.2 柱接头的封顶板

第6.2.3条 框架柱和梁的连接节点, 除节点内力特别大, 对结构整体刚度要求很高的情况外, 不宜有零部件穿过钢管, 以免影响管内混凝土的浇灌。

第6.2.4条 梁柱连接处的梁端剪力可采用下列方法传递, 一、对于混凝土梁, 可用焊接于柱钢管上的钢牛腿来实现 (图6.2.4 (a)), 牛腿的腹板不宜穿过管心, 以免妨碍混凝土浇灌, 如必须穿过管心时, 可先在钢管壁上开槽, 将腹板插入后, 以双面贴角焊缝封固。

二、对于钢梁, 可按钢结构的做法, 用焊接于柱钢管上的连接腹板来实现 (图6.2.4 (b))。

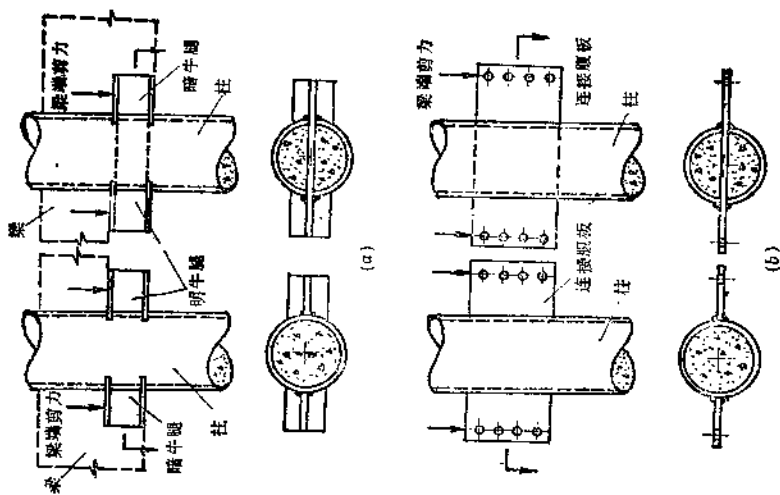


图6.2.4 传递剪力的梁柱连接

(a) 混凝土梁; (b) 钢梁

第6.2.5条 梁柱连接处的梁内弯矩可用下列方法传递, 一、对于钢梁和预制混凝土梁, 均可采用钢加强环与钢梁上下翼缘板或混凝土梁纵筋焊接的构造形式来实现 (图6.2.5-1)。